

Milan HOREMUŽ

REFERENČNÉ SYSTÉMY V GEODÉZII A KARTOGRAFII

Horemuž, Milan: Reference Systems in Geodesy and Cartography. Kartografické listy, 1996, 4, 3 figs., 4 refs.

Abstract: Definition of the conception "reference system". National reference systems are not enough accurate for many purposes. Replacement of national systems with global geocentric reference system.

Keywords: Reference system, reference frame, coordinate system, coordinate frame.

Úvod

Každý nástroj na poskytovanie informácií o polohe objektov alebo javov musí mať vopred zadefinovaný referenčný systém, v ktorom sa táto informácia vyjadruje.

V geodézii a kartografii sa prakticky na celom svete používajú lokálne, alebo národné referenčné systémy. Tieto sú definované takým spôsobom, aby vyhovovali danej lokalite. Keďže väčšina dnes používaných referenčných systémov bola definovaná a realizovaná začiatkom tohto storočia, alebo aj skôr, je zrejmé, že sa dostáva svojou kvalitou do konfliktu s dnešnými technológiami a potrebami. Tento konflikt sa prejavuje v súčasnosti najmä pri širokom využívaní Globálneho polohového systému (GPS), ktorý umožňuje určovať polohu v geocentrickom globálnom referenčnom systéme.

Vzťahy medzi jednotlivými lokálnymi referenčnými systémami sa nedajú jednoznačne určiť pre ich nehomogenitu. Preto sme nútení pri prechode z jedného systému do druhého robiť lokálne transformácie, ktoré nie vždy dajú požadovaný presný výsledok.

Riešením tohoto konfliktu je zavedenie jednotného celosvetového referenčného systému, ktorý je definovaný a realizovaný z globálnych meraní najpresnejšími technológiami. Takýto systém v súčasnosti už existuje. Buduje ho organizácia "Medzinárodná služba rotácie Zeme" - IERS (International Earth Rotation Service) s použitím najmodernejších observačných techník ako sú VLBI (Very Long Baseline Interferometry - interferometria s veľmi dlhými základnicami), LLR (Lunar Laser Ranging - laserová lokácia Mesiaca) a SLR (Satellite Laser Ranging - laserová lokácia družíc).

V posledných rokoch IERS využíva aj techniku GPS, ktorá je omnoho dostupnejšia a pohyblivejšia ako spomínané techniky. Práve táto metóda umožňuje zhustovanie globálnych referenčných rámcov.

Prechod na nový referenčný systém prináša so sebou aj isté problémy. Ide najmä o kontinuitu s doteraz používanými systémami.

V ére analógových grafických diel by to znamenalo nekompatibilitu nových diel vyhotovených v novom systéme so starými. V súčasnosti pri širokom využívaní výpočtovej techniky je prechod na nový systém jednoduchší.

Vysvetlenie niektorých pojmov

V tomto článku sa pokúsime vysvetliť pojem "referenčný systém" a s ním spojené pojmy a skratky. Pretože v literatúre sa tieto pojmy a skratky používajú a vysvetľujú rôzne, budeme sa pridržať definícií pojmov podľa Wilkinsa [2] a podľa IERS Annual Reports [1].

Vysvetlíme najskôr štyri základné pojmy podľa [2]:

1. **Súradnicový rámec** je triáda pravouhlých súradnicových osí, alebo iná geometrická konštrukcia, vzhľadom ku ktorej sa určujú polohy bodov vyjadrené množinou súradníc.

2. **Súradnicový systém** je nástroj určovania polohy bodu vzhľadom k určitému referenčnému rámcu. Najbežnejšie súradnicové systémy sú pravouhlé a polárne. V geodézii tiež často používame geodetický súradnicový systém na elipsoide.

3. **Referenčný rámec** je katalóg prijatých súradníc určitej množiny referenčných objektov, ktoré slúžia na definíciu a realizáciu určitého súradnicového rámcu. Obvykle je potrebné prijať nejakú časovú rovnicu súradníc, ktorá je potom tiež súčasťou referenčného rámcu. V prípade dynamických referenčných rámcov sú katalógy súradníc nahradené efermeridami družíc, planét, alebo iných nebeských objektov, ktoré definujú rámec.

4. **Referenčný systém** je súhrn procedúr, modelov a konštánt, ktoré sú nevyhnutné na využitie jedného, alebo viacerých referenčných rámcov. Inými slovami, referenčný systém je kombinácia referenčného rámcu (tvoreného katalógom súradníc referenčných objektov) a množiny parametrov a teórií, ktoré sa používajú na odvodenie polohy iných objektov z určitých observácií.

Je potrebné rozlišovať medzi ideálnym súradnicovým rámcu, ktorý je vhodný na teoretické štúdiá a štandardným alebo konvenčným referenčným rámcu, ktorý je určený na praktické využitie. Ideálny rámec je definovaný určitými postulátmi, no nie vždy je možné prakticky realizovať tieto postuláty.

Oproti tomu štandardný rámec má poskytovať presný a jednoznačný základ na určovanie polohy bodu. Katalógové súradnice sú väčšinou zvolené tak, aby čo najviac zodpovedali ideálnemu rámcu. Ideálny terestrický súradnicový rámec by mal mať počiatok v ťažisku Zeme a mal by rotovať spolu so Zemou. Os Z by mala byť totožná s osou rotácie a referenčný poludník (rovina XZ) by mal prechádzať Greenwichom. No keďže Zem nie je tuhé teleso, takýto rámec nemusí rotovať so Zemou, pretože napríklad Greenwich môže vykazovať nejaký pohyb vzhľadom na vnútro Zeme. Preto štandardný rámec používaný IERS je tvorený prijatými súradnicami množiny bodov, na ktorých sa pravidelne vykonávajú presné merania technikami VLBI, SLR, LLR a GPS. Tieto súradnice a ich rýchlosti zmien sú volené tak, aby nebola žiadna zdanlivá rotácia zemskej kôry vzhľadom na referenčný rámec a aby súradnicové osi boli v blízkosti predtým používaných osí.

Referenčný systém IERS

Referenčný systém IERS pozostáva z dvoch častí: IERS štandardov a IERS referenčných rámcov. IERS štandardy sú tvorené súborom konštánt a modelov použitých pri spracovaní meraní vykonaných VLBI, LLR, SLR a GPS.

Systém IERS obsahuje dva referenčné rámce - terestrický (ITRF - IERS Terrestrial Reference Frame) a nebeský (ICRF - IERS Celestial Reference Frame). V niektorých publikáciách (napr. [3]) sa skratka ITRF interpretuje ako International Terrestrial Reference Frame, čo nie je v súlade s [1].

Počiatok, referenčné smery a mierka terestrického rámcu ITRF sú implicitne definované prijatými súradnicami bodov, na ktorých sa vykonávajú pravidelné merania. Počiatok ITRF je v ťažisku Zeme s neistotou 10 cm, os Z prechádza cez konvenčný terestrický pól CTP (Conventional Terrestrial Pole), ktorý nadväzuje na predtým používaný CIO (Konven-

cionálny medzinárodný počiatok) s neistotou 0.03". Referenčný poludník tvorený rovinou XZ, je totožný (s neistotou 0.003") s nultým greenwichským poludníkom definovaným predchodcom IERS - BIH (Bureau International de l'Heure).

V budúcnosti sa však môže od neho odchyľovať. Katalógy súradníc základných bodov sa spracúvajú každý rok a obsahujú okrem kartézskych súradníc (X, Y, Z) a ich stredných chýb aj rýchlosti zmien súradníc (v_x , v_y , v_z). Tieto majú veľkosť približne 1-2 cm za rok. Stredné chyby jednotlivých súradníc sa pohybujú v intervale 1 až 3 cm. Doteraz boli spracované katalógy ITRF-89, ITRF-90, ITRF-91, ITRF-92, ITRF-93 a ITRF-94. Nebeský rámec (ICRF) je realizovaný rovníkovými súradnicami (rektascenzia a deklinácia) extragalaktických zdrojov elektromagnetického žiarenia.

Počiatok ICRF je v barycentre Slnecnej sústavy. Smer polárnej osi je definovaný pre epochu J2000.0 pomocou teórie precesie prijatej IAU v roku 1976 a teórie nutácie prijatej v roku 1980. Počiatok rektascenzií je v zhode s FK5 s presnosťou 0.01".

Európsky terestrický referenčný systém

Keďže európsky kontinent vykazuje relatívne veľký pohyb (rádovo centimeter za rok), vytvorila Medzinárodná geodetická asociácia (IAG - International Association of Geodesy) v roku 1987 podkomisiu EUREF (European Reference Frame) pre definíciu európskeho terestrického referenčného systému (ETRS).

ETRS sa líši od referenčného systému IERS len terestrickým referenčným rámcom. Európsky terestrický referenčný rámec (ETRF) je definovaný 35 európskymi SLR a VLBI súradnicami ITRF-89. Tieto sú vypočítané ako podmnožina ITRF pre epochu 1989.0. ETRF je teda podmnožina globálneho riešenia ITRF-89. Ako referenčný elipsoid bol pre ETRF zvolený GRS-80. Pretože 35 bodov pre celú Európu je veľmi málo, vykonalo sa v rokoch 1990-1993 niekoľko EUREF kampaní s cieľom zhusťiť ETRF. Počas týchto kampaní sa zmeralo viac ako 70 ďalších bodov po celej Európe.

Podľa [3] je presnosť súradníc bodov určených technikami SLR a VLBI v rozsahu 13-23 mm v každej súradnici, presnosť súradníc určených len technikou GPS je v horizontálnom smere 30-40 mm a vo vertikálnom smere 50-60 mm.

Systém WGS-84

Svetový geodetický systém WGS-84 (World Geodetic System) je pracovným referenčným systémom pre určovanie dráh družíc systému GPS. Bol definovaný Ministerstvom obrany USA pre účely obrany štátu.

Terestrický rámec WGS-84 vznikol modifikáciou staršieho rámca, ktorý bol súčasťou systému TRANSIT (Dopplerovský referenčný rámec). Modifikácia spočívala v otočení, posunutí a zmene mierky tak, aby referenčný poludník nového systému bol totožný s poludníkom definovaným IERS, aby os Z prechádzala referenčným pólom CTP a aby systém bol geocentrický. WGS-84 používa vlastný elipsoid s hlavnou polosou $a = 6\,378\,137\text{ m}$ a sploštením $i = 298.257223563$ a je prakticky totožný (v rámci niekoľkých mm) s elipsoidom GRS-80. Pretože tento systém je určený hlavne na vojenské účely, väčší dôraz sa kladie na rýchlosť zísavania súradníc ako na ich presnosť.

Keďže referenčný rámec WGS-84 bol definovaný na základe dopplerovských meraní, je presnosť súradníc voči geocentru len okolo 1 m a celková stabilita je podľa [3] okolo 1-2 m. Preto na navigačné potreby a na účely geografických informačných systémov (GIS) môžeme považovať referenčné rámce ETRF, ITRF a WGS-84 za identické.

Súčasný stav na Slovensku

Na Slovensku sa používajú dva referenčné systémy:

- pre civilnú sféru je záväzný referenčný systém S-JTSK (Systém Jednotnej trigonometrickej siete katastrálnej),

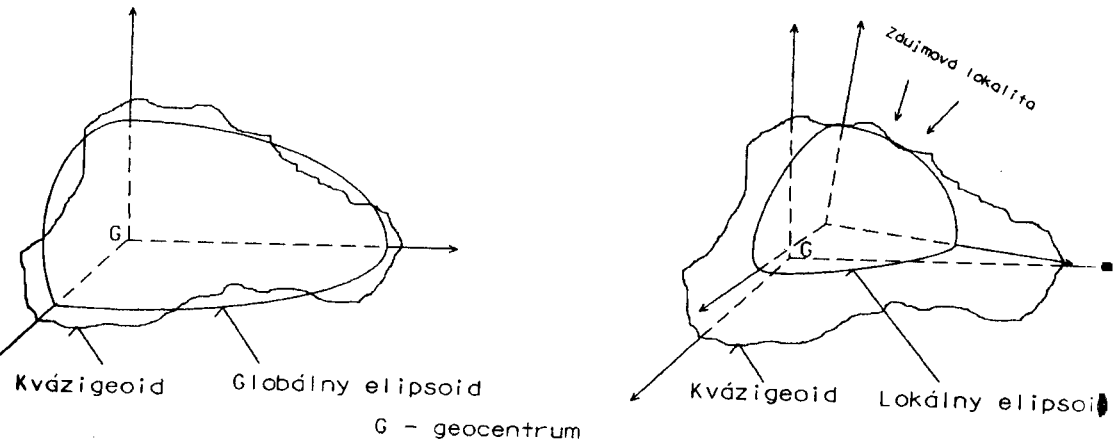
- na vojenské využitie je určený systém S-42, resp. jeho novšia verzia S-42/83.

Referenčným rámcem S-JTSK je Československá trigonometrická sieť - ČSTS. Referenčný rámec S-42 tvoria body ČSAGS - Československej astronomicko-geodetickej siete a niektoré body ČSTS.

S-JTSK je definovaný na Besselovom elipsoide, ktorý je umiestnený tak, aby najlepšie vystihoval územie bývalého Československa. S-JTSK používa Křovákovo dvojité kuželové zobrazenie.

S-42 je definovaný na Krasovského elipsoide, ktorý vystihuje územie štátov bývalého socialistického tábora. Používa Gaussovo kartografické zobrazenie.

V oboch systémoch sa používajú Molodenského normálne výšky (nad kvázigeoidom) v systéme Balt po vyrovnaní (Bpv). Obidva tieto referenčné systémy sú len lokálne a značne sa odlišujú od geocentrického referenčného systému IERS - pozri obr. 1.



Obr. 1 Globálny a lokálny referenčný systém

Ak by sme napríklad technológiou GPS určili elipsoidické súradnice nejakého trigonometrického bodu a zakreslili by sme ich do mapy vhodnej mierky vyhotovenej v jednom z týchto systémov, dostaneme rozdiely v polohe rádovo 200-300 m. Tento rozdiel je spôsobený práve lokálnosťou týchto referenčných systémov, ktoré sú voči geocentrickému systému posunuté aj pootočené, t.j. elipsoid nie je umiestnený geocentricky a jeho malá os neprechádza CTP.

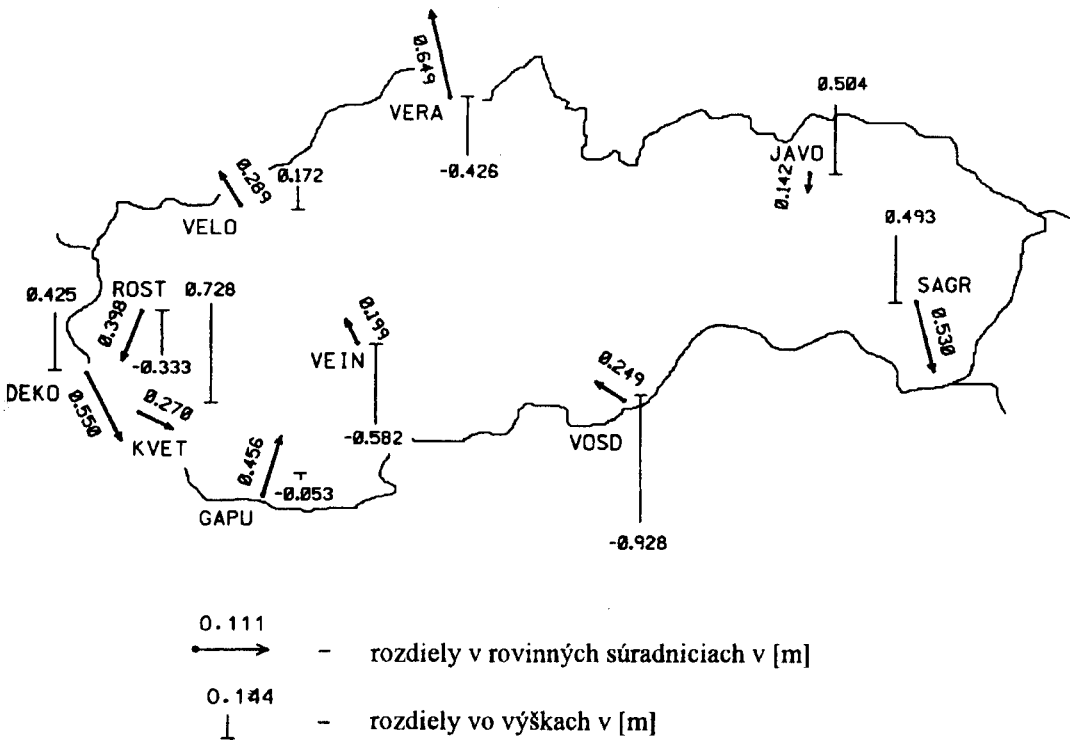
Aby sme mohli vyjadriť geocentricky určenú polohu v národnom referenčnom systéme, musíme si najskôr určiť transformačný kľúč z meraní na identických bodoch.

Vzhľadom na nehomogenitu národných systémov nie je možné určiť jeden transformačný kľúč pre celé územie s centimetrovou presnosťou. Pod nehomogenitou referenčného systému, resp. jeho referenčného rámca, rozumieme klesajúcu relatívnu presnosť so vzdia-

lenosťou medzi bodmi. Napríklad ak odmeriame 2-3 km dĺžku medzi dvoma trigonometrickými bodmi ČSTS elektronickým diaľkomerom, alebo technológiou GPS, vykonáme potrebné redukcie a porovnáme túto dĺžku s dĺžkou vypočítanou zo súradníc, dostaneme rozdiel niekoľko centimetrov.

S narastajúcou dĺžkou medzi bodmi tento rozdiel narastá a na dĺžke medzi východom a západom Slovenska dosahuje hodnoty až 5 metrov. V tomto rozdieli je zahrnutý aj systematický vplyv zmeny mierky siete, ktorý je približne rovnaký na celom území a činí 12 mm/km. Po vylúčení tohto vplyvu sa rozdiel zmenší na menej ako 1 m.

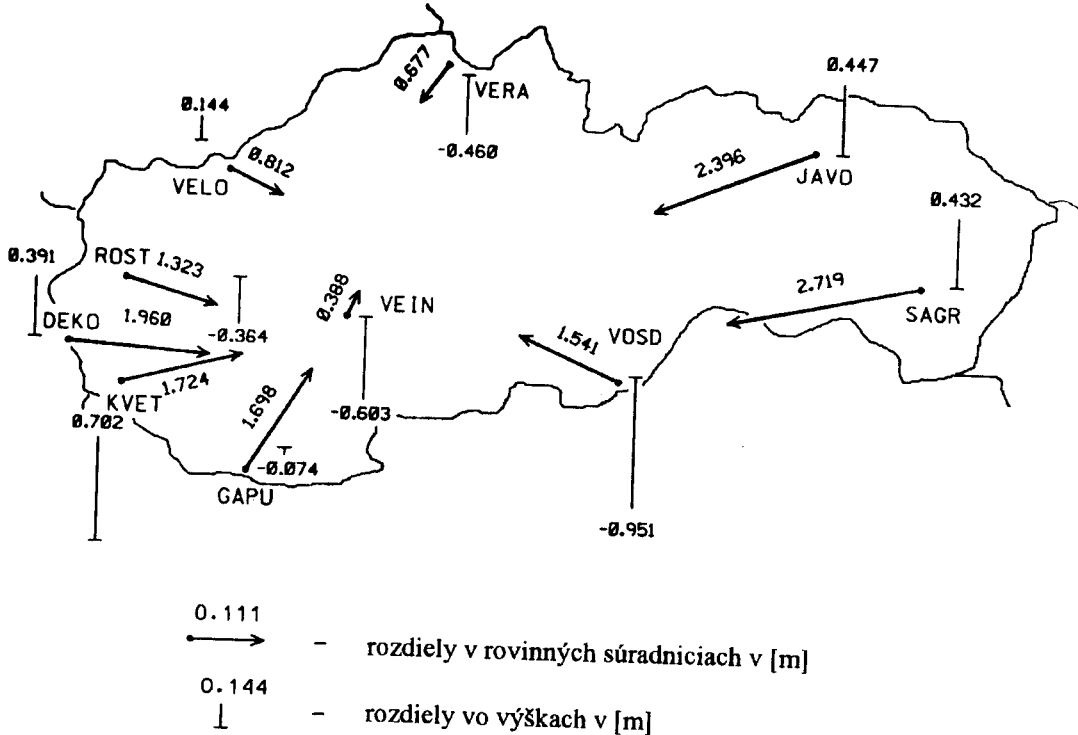
Porovnanie referenčného rámca ČSTS a ETRF môžeme vykonať pomocou Helmertovej transformácie. Využili sme na tento účel 10 bodov siete CS-NULRAD-92, ktoré majú určené súradnice v oboch systémoch. Na obr. 2 sú zobrazené zbytkové rozdiely na identických bodoch po 7-parametrovej transformácii a na obr. 3 po 6-parametrovej transformácii (neuvažovala sa zmena mierky siete).



Obr. 2 Rozdiely na identických bodoch po 7-parametrovej transformácii v rovine zobrazenia

Rozdiely vo výškach uvedené na týchto obrázkoch sú rozdiely medzi elipsoidickými a Bpv výškami.

Z uvedeného vyplýva, že ak chceme poznať vzťah národného a globálneho referenčného systému s centimetrovou presnosťou, musíme určovať transformačný kľúč z identických bodov, ktoré sú pokiaľ možno čo najmenej od seba vzdialené.



Obr. 3 Rozdiely na identických bodoch po 6-parametrovej transformácii v rovine zobrazenia

Prechod na nový referenčný systém

Potreba prechodu na nový referenčný systém je daná najmä nedostačujúcou presnosťou súčasného referenčného systému. Dnešné meračské technológie sú asi o rád presnejšie ako je presnosť referenčného rámca. Nastáva teda paradoxná situácia, keď presnejšie merania musíme "vtlačiť" do menej presného rámca a tým degradovať dosiahnutú presnosť. Nový referenčný systém musí mať referenčný rámec aspoň taký presný ako sú používané meračské technológie. Nový systém by mal byť geocentrický, alebo aspoň by mal mať jednoznačne určený vzťah ku geocentru.

Do úvahy prichádzajú v podstate len tri alternatívy budovania nového referenčného systému:

1. Prebratie geocentrického referenčného systému IERS a definovanie nového kartografického zobrazenia vhodného pre tvar územia Slovenska.
2. Modifikácia Křovákových zobrazovacích rovníc takým spôsobom, aby sa vplyv nehomogenity ČSTS eliminoval na minimálnu mieru. Tento spôsob navrhol prof. M. Cimbáľník a doc. J. Kostelecký a bude pravdepodobným riešením v Českej republike.
3. Určenie transformačných parametrov medzi ETRF a S-JTSK (presnosť ETRF by bola zachovaná, ETRF by sa touto transformáciou len posunul a natočil na S-JTSK), pričom by sa zachovalo pôvodné kartografické zobrazenie. Prístup ku geocentrickým súradniciam by sa realizoval pomocou jednoznačne definovanej Helmertovej transformácie.

Analyzujeme podrobnejšie všetky tri alternatívy:

1. alternatíva

Táto alternatíva by bola z teoretického hľadiska najvyhovujúcejšia. Vybudovanie takého rámca na našom území by si vyžadovalo nasledujúce kroky:

1. Zameranie dostatočne hustej siete bodov, ktoré by tvorili referenčný rámec.

V prvom rade by sa musela táto sieť zamerať metódou GPS, aby sme dostali geocentrické súradnice v systéme ITRF, resp. ETRF.

Na vykonávanie geodetických prác potrebujeme poznať vzťah týchto geometricky určených súradníc k fyzikálnemu tvaru Zeme. Tento vzťah budeme poznať vtedy, ak zistíme priebeh geoidu, resp. kvázigeoidu voči referenčnému elipsoidu s potrebnou presnosťou. Za týmto účelom sa musia vykonať aj merania, ktoré súvisia s gravitačným poľom, t. j. gravimetrické, astronomické a nivelačné merania. Výsledkom týchto meraní bude priebeh geoidu vzťahnutý k referenčnému elipsoidu vo forme prevýšeni geoidu nad elipsoidom a zvislicových odchýliek. Vzhľadom na to, že orientáciu elipsoidu na geoide určuje IERS, nebolo by potrebné orientovať sieť pomocou astronomicky meraných azimutov. Taktiež, vzhľadom na presnosť metódy GPS, nemá význam budovať základnú sieť meraním dĺžok, horizontálnych a vertikálnych uhlov.

2. Spracovanie, resp. vyrovnanie meraní vykonaných v bode 1. na referenčnom elipsoide GRS-80. Výsledkom tohoto spracovania budú elipsoidické a pravouhlé geocentrické súradnice bodov siete, ich normálne ("nadmorské") výšky a priebeh geoidu, resp. kvázigeoidu.

3. Navrhnutie kartografického zobrazenia vhodného pre tvar územia Slovenska a redukcia elipsoidických súradníc na rovinné.

Presnosť nového referenčného rámca by bola daná presnosťou vykonaných meraní a ich spracovania. Na základe doterajších skúseností môžeme predpokladať, že stredné kvadratické chyby súradníc by nepresiahli 5 mm..

Ďalekosiahle dôsledky by malo zavedenie nového kartografického zobrazenia. V praxi by to znamenalo zavedenie nových zobrazovacích rovníc a vznik nových grafických podkladov, ktoré by neboli kompatibilné so starými.

Prevod starých grafických podkladov do nového zobrazenia by bol technicky realizovateľný len za predpokladu, že tieto by boli v digitálnom tvare.

2. alternatíva

Autormi tohoto návrhu sú prof. M. Cimbálik a doc. J. Kostecký [4]. Podľa tejto alternatívy sa nový referenčný rámec definuje pomocou AGS a súradnicových systémov S-42 a S-42/83. Rovinné súradnice sú definované modifikovaným Křiovákovým zobrazením, pričom nové súradnice sa číselne líšia od pôvodných maximálne o 60 cm.

Pri realizácii nového systému, v návrhu označeného S-JTSK/95, sa počíta s využitím týchto podkladov:

- merania v JTSK I. až V. rádu z rokov 1920-1957,
- merania v AGS z rokov 1931-1953,
- doplnujúce merania v AGS, t.j. nové astronomické merania, dĺžkové merania elektronickými diaľkomermi atď.,
- systém JTS, ktorý vznikol vyrovnaním pôvodných meraní v JTSK v rámci S-42/83 až do zhruba IV. rádu (ostatné body boli určené transformáciou),
- GPS merania v rámci kampaní EUREF CS/H 91, CS-NULRAD-92, DOPNUL (zhustenie siete CS-NULRAD-92 na území ČR) a ďalších kampaní.

Realizácia systému S-JTSK/95 vychádza z týchto krokov:

1. 7-parametrová transformácia medzi systémom ETRF-89 (realizovaný bodmi určenými GPS meraniami) a systémom JTS, pričom zvyškové opravy sa rozdelia Jungovou transformáciou. Týmto spôsobom sa získajú ETRF súradnice všetkých bodov JTSK - označme ich S-JTSK/G.

2. Rovinné súradnice budú odvodené zo súradníc S-JTSK/G pomocou 7-parametrovej podobnostnej transformácie S-JTSK/G (elipsoid GRS80) do S-JTSK (Besselov elipsoid) a pridaním prírastkov dx , dy vypočítaných pomocou bikvadratickej konformnej transformácie:

3. Prevod elipsoidických a normálnych výšok bude realizovaný pomocou kvázigeoidu, ktorý bude určený spracovaním terestrických aj GPS meraní.

Dôsledkom zavedenia korekčných členov dx , dy sa budú musieť zmeniť vzorce týkajúce sa:

- dĺžkovej korekcie zo zobrazenia,
- smerovej korekcie zo zobrazenia,
- meridiánovej konvergencie.

3. alternatíva

Princíp tejto alternatívy spočíva v natočení a posunutí referenčného rámca ETRF na S-JTSK tak, aby bola splnená podmienka $\Sigma(v_x^2 + v_y^2 + v_z^2) = \min$, kde v_x , v_y , v_z sú rozdiely medzi pôvodnými S-JTSK súradnicami a transformovanými ETRF súradnicami vyjadrenými v priestorovom pravouhлом súradnicovom systéme.

Prvý krok budovania NOVÉHO SYSTÉMU týmto spôsobom je zhodný s prvým krokom prvej alternatívy. Musí sa teda najskôr zamerať dostatočne hustá sieť bodov ČSTS metódou GPS. Taktiež sa musia vykonať merania potrebné na určenie priebehu kvázigeoidu. Výsledkom GPS meraní budú geocentrické súradnice v ETRF a ITRF.

Pri projektovaní GPS meraní sa musí vychádzať zo súčasného stavu. Na Slovensku je vybudovaná veľmi kvalitná geodynamická sieť, ktorá má viac ako 40 špeciálne stabilizovaných bodov rozložených po celom území Slovenska. Táto sieť môže slúžiť ako kostra na ďalšie merania.

Z hľadiska geodynamických účelov by bolo potrebné vybudovať viac takýchto bodov.

Z hľadiska budovania nového referenčného systému je však potrebné zamerať aspoň 50 bodov ČSTS. Ideálne by bolo vykonať GPS merania na všetkých bodoch I. rádu (135 bodov) s nadviazaním na body geodynamickej siete. Na týchto bodoch bude potrebné určiť nadmorskú výšku presnou, alebo aspoň technickou niveláciou. Za týmto účelom by bolo potrebné osadiť výškové značky na tieto body ČSTS.

Druhý krok je tiež totožný s druhým krokom prvej alternatívy - spracovanie meraní v referenčnom systéme ETRF.

V treťom kroku bude potrebné určiť transformačné parametre medzi ETRF-89 a S-JTSK. Transformácia sa vykoná 6-parametrovou Helmertovou transformáciou zo všetkých identických bodov, ktoré budú k dispozícii. Týchto 6 parametrov - 3 translácie a 3 rotácie - bude jednoznačne definovať vzťah medzi geocentrickými ETRF a novými súradnicami.

Záver

V súčasnosti u nás záväzný referenčný systém S-JTSK a S-42 svojou presnosťou nevyhovujú dnešným požiadavkám. Je predpoklad, že v blízkej budúcnosti dôjde k zavedeniu nového referenčného systému podľa niektorej zo spomenutých alternatív.

Nový systém bude presnejší, bude geocentrický alebo z geocentrického systému odvodený jednoznačne definovanou transformáciou.

Už dnes pri vytváraní nových informačných systémov a digitálnych mapových diel by

sme mali pamätať na túto skutočnosť a pripraviť sa na prechod na nový systém. Primárna informácia o polohe objektu alebo javu by sa mala uchovávať v geocentrickom referenčnom systéme.

Polohu v S-JTSK alebo v S-42 odvodíme pomocou globálnych alebo lokálnych transformácií - podľa toho, akú presnosť požadujeme. Takýmto spôsobom budované informačné systémy alebo digitálne mapy sú vlastne nezávislé od záväzného referenčného systému a dokážu upraviť výstup do ľubovoľného systému za predpokladu, že je známy určitý počet identických bodov. Informačné systémy, ktoré túto možnosť v sebe nemajú, sa budú musieť transformovať do nového referenčného systému iným spôsobom, ktorý daný program umožní.

Najzložitejšia situácia bude pri klasických mapách, ktoré ešte neboli prevedené do digitálneho tvaru. Aby sa tieto mohli transformovať do nového systému, bude nutné ich digitalizovať a to takým programom, ktorý umožní následnú transformáciu do nového referenčného systému.

Na Slovensku sa už vykonalo množstvo prípravných prác potrebných na prechod do nového referenčného systému. Stabilizovali sa nové body referenčnej geodynamickej siete, vykonali sa a spracovali GPS merania na týchto bodoch. To znamená, že na Slovensku máme viac ako 40 bodov určených v ITRF s presnosťou niekoľkých milimetrov, ktoré budú tvoriť kosť nového referenčného rámca. V čo najbližšej budúcnosti treba prijať rozhodnutie o tom, ktorou alternatívou sa bude u nás definovať nový referenčný systém.

LITERATÚRA

- [1] 1992 IERS Annual Report, Observatoire de Paris, 1993.
- [2] WILKINS, G.A.: The Past, Present and Future of Reference Systems For Astronomy and Geodesy. In: Lieske and Abalkin, Inertial Coordinate System on the Sky, IAU, 1990, s. 39-46.
- [3] SEEGER, H.: EUREF - A Modern Geodetic Approach to Establish an All - European Reference System. In: Belgo-European Seminar "New Surveyors", Wegimont, 1993.
- [4] CIMBÁLNÍK, M. - KOSTELECKÝ, J.: Realisation of the geocentric and terrestrial systems in the Czech Republic. In: Proceedings of the III. conference of section C - geodesy. Kočovce 1994, 10 s.

S u m m a r y

Reference systems in geodesy and cartography

Local or national reference systems are not enough accurate with respect to new surveying technologies such as electronic distance meter, global positioning system - GPS. There is a paradox situation, when accurate results must be accommodate to less accurate reference frame.

The solution of this conflict is the introduction of the new reference system, which should be at least as accurate as measuring technologies. Such system is being built by the organisation International Earth Rotation Service - IERS using the latest observational techniques - VLBI (Very Long Baseline Interferometry), LLR (Lunar Laser Ranging), SLR (Satellite Laser Ranging) and GPS.

Reference system IERS consists of two parts: IERS standards and IERS reference frames. There are two IERS reference frames: celestial and terrestrial. The most important one for geodesy and cartography is the IERS terrestrial reference frame - ITRF. The coordinate catalogues are compiled every year. They are derived from permanent observations on the fiducial points.

There are two reference systems being used in Slovakia: S-JTSK (System of Trigonometric Cadastral Network) for the civil use and S-42, or S-42/83 for military use. Both systems are local ones. Their reference frames are inhomogeneous. The comparison of S-JTSK and ITRF shows differences at the level of several metres at the distance between east and west of Slovakia.

There are three alternatives of introducing the new reference system:

- acceptance of geocentric reference system IERS and defining the new cartographic projection suitable for the shape of Slovak territory,
- modification of Křovák's projection equations to eliminate the influence of inhomogeneity of S-JTSK,

• to define a set of transformation parameters (3 translations and 3 rotations) between ITRF and S-JTSK in such way, that the difference between original and new coordinates and also between ellipsoidal and normal heights should be minimal. The mapping projection should stay untouched.

The new information systems and digital maps should use geocentric reference system IERS. The output to the national systems should be solved by transformations. The information system which handles positional information in this way is independent on obligatory reference system and is capable to provide information in any reference system, if there are certain number of identical points.

Fig. 1 Global and local reference system.

Fig. 2 Differences on identical points after 7-parameters transformation in the mapping plane.

Fig. 3 Differences on identical points after 6-parameters transformation in the mapping plane.

Lektoroval:

**Ing. Ján VALKO, CSc.,
Stavebná fakulta STU,
Bratislava**